

УДК 691.620:197

Гузій С.Г., канд. техн. наук, старш. наук. співроб.,
Кривенко П.В., доктор техн. наук, професор,
Кравченко А.В., фах. II категорії,
Науково-дослідний інститут в'язучих речовин
і матеріалів ім. В.Д. Глуховського Національного
університету будівництва і архітектури*,
Манак Я., студент, Технологічний університет Брно**

*Повітрофлотський пр-т, 31, 03680, Київ, Україна,
тел. +38 (044) 245 48 30, sguziy@ukr.net, pavlo.
kryvenko@gmail.com, krav.anastasiya@gmail.com

** вул. Вевері 95, 602 00 Брно, Чеська республіка,
тел. +420 541 147 511, janmanak@volny.cz

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАДІЙНОСТІ ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДІВ В'ЯЖУЧОЇ СИСТЕМИ СКЛАДУ $\text{Na}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 6\text{SiO}_2 \times 20\text{H}_2\text{O}$ В ІНТЕРВАЛІ ТЕМПЕРАТУР 150–1050 °С

Підвищення нормованої межі вогнестійкості будівельних конструкцій до 2 годин в умовах температурного режиму стандартної пожежі можливе за рахунок введення в геоцементні вогнезахисні покриття лужних алюмосилікатних гранул. Гранули, в процесі дегідратації цеолітоподібних і гідрослюдястих фаз в інтервалі температур 150-1050°C, спучуючись сумісно з геоцементною матрицею, забезпечують 70 хв. запас на ділянках кривої нагріву яка паралельна осі часу нагріву, завдяки чому і подовжується час межі вогнестійкості конструкцій.

Ключові слова: алюмосилікатні гранули, граничний стан, фазовий склад, спучення

Постановка проблеми. Результати аналізу статистичних даних [1–3] свідчать, що під час пожеж, внаслідок дії високої температури на дерев'яні, бетонні та металеві конструкції, в них відбуваються деструктивні зміни, які приводять до займання деревини ($T_{\text{кр}} = 210^\circ\text{C}$), крихкоподібного руйнування бетону ($T_{\text{кр}} = 380^\circ\text{C}$) та зниженню несучої здатності металу ($T_{\text{кр}} = 500^\circ\text{C}$). Застосування вогнезахисних покриттів, здатних до спучення, є ефективним способом вогнезахисту вище названих конструкцій, які попереджають і забезпечують їх нормовану межу вогнестійкості (рис. 1).

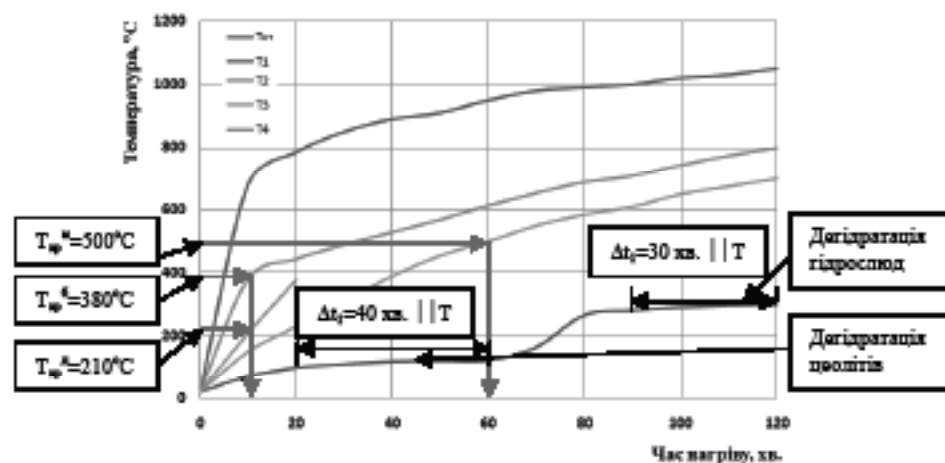


Рисунок 1. Залежність температури середовища від часу вогневого впливу:

$T_{\text{ст}}$ – стандартний температурний режим; T_1 – вогнезахисне покриття алюмосилікатного складу;
 T_2 , T_3 і T_4 – температури на обігрівній поверхні бетону, арматурі та деревині за умов стандартного температурного режиму

Як видно з даних рис. 1, нагрів поверхонь деревини та бетону до граничного стану (210 і 380°C) відбувається вже на 10 хв., а арматури до 500°C - на 60 хв. На кривій T_1 чітко спостерігається горизонтальна ділянка, яка паралельна осі часу нагріву в інтервалі часу від 20 до 60 хв. Наявність цієї ділянки у захисному покритті якраз і дозволяє забезпечення нормативної межі вогнестійкості дерев'яних, бетонних і металевих конструкцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В роботах [4-13] показано, що для захисту поверхні основних будівельних матеріалів від дії вогневого впливу найбільш доцільно використовувати захисні покриття, що спучуються, як на основі органічних, так і мінеральних в'язучих речовин. Однак, покриття на основі органіки, в момент спучування, можуть виділяти в навколишнє середовище ряд токсичних речовин, а їх пінококсовий шар, внаслідок незначної адгезії до поверхні, що захищається, має тенденцію до змивання перемінними потоками теплоти. Більш доцільно використовувати покриття, здатні до спучення, на основі мінеральних в'язучих речовин. Для таких покриттів характерно як збільшення товщини при нагріві, так і блокування теплового потоку в конструкцію, що захищається та зменшення зростання температури.

Відомі покриття марок ОСВПВ 1, Файрэкс В400, Антигор, ОЗСВМВ, ТОЗВВ 1, які розроблені на основі рідинного скла. Дані марки покриттів достатньо ефективні з точки зору адгезії до основи, але характеризуються незначним терміном збереження здатності до спучення.

В якості альтернативного рішення даної проблеми, тобто розширення у часі здатності до спучення, є застосування вогнезахисних покриттів на основі лужних алюмосилікатів, теоретичні основи отримання яких розроблені в НДІ в'язучих речовин і матеріалів Київського національного університету будівництва і архітектури, за рахунок направленої синтезу в їх структурі цеолітоподібних новоутворень типу гейландиту [9, 10]. Процес спучення в таких матеріалах відбувається з температури 150°C за рахунок виділення фізичної та цеолітної води з лужних гідроалюмосилікатів та збільшення в об'ємі заповнювачів – алюмосилікатних гранул. Внаслідок синергетичності сумісного спучення матриці та заповнювачів утворюється штучний камінь зниженої густини з розвинутою поровою структурою та низькою теплопровідністю. В роботах [14-17] розглянуто способи отримання алюмосилікатних гранул, їх основні фізико-механічні характеристики, але відсутня інформація щодо процесів структуроутворення в діапазоні температур 150-1050°C.

Метою роботи є визначення складу новоутворень та фазових перетворень гідратних сполук алюмосилікатних гранул у безводні алюмосилікати за умов термообробки та стандартної пожежі в діапазоні температур 150...1050°C для отримання ефективних вогнезахисних покриттів на основі геоцементів із подовженим часом нормованої межі вогнестійкості.

Методи досліджень і матеріали. У роботі, для отримання алюмосилікатних гранул, здатних до спучення, використовували лужний алюмосилікат гейландитового складу $\text{Na}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 6\text{SiO}_2 \times 20\text{H}_2\text{O}$ згідно з ТУ У В.2.7-16403272-001-97 “Зв'язуюче лужне алюмосилікатне”. Для його отримання використовували каолін, мікрокремнезем та рідинне скло. Алюмосилікатні гранули отримували методом грануляції в розчині хлориду кальцію густиною 1350 кг/м³. Отримані гранули випалювали в лабораторній печі в інтервалі температур 150...1050°C з кроком 150°C протягом 10 хв.

Визначення фазового складу гідратних сполук лужного алюмосилікату здійснювали за допомогою рентгенофазового, термічного аналізу та електронної мікроскопії.

Рентгенофазового аналіз (РФА) проводили на дифрактометрі працюючому в режимі дискретної зйомки при кроці 0,05° на $\text{Cu K}\alpha$ - випромінюванні з нікелевим фільтром з напругою на трубці 25кВ і струмом 15 mA по порошковому методу. Зйомку здійснювали в інтервалі кутів $2\theta=10-30^\circ$ при швидкості обертання лічильника 2°/ хв. Ідентифікацію новоутворень проводили на основі комп'ютерної бази даних PC-PDF, Version 2.13 a, Copyright JCPDS - International Centre for Diffraction Data, 1992 з використанням програми «XPowder» і бази даних AMSCD (<http://ruff.info>).

Комплексне термографічне дослідження систем, що розглядаються, виконано на дериватографі системи Р. Паулик, Й. Паулик, Л. Эрдей фірми МОМ (Будапешт). Нагрівання зразків проводили до температури 1050°C зі швидкістю 10°C/хв. Електронно-мікроскопічні дослідження

мікроструктури штучного каменю проведені у вторинних електронах на скануючому мікроскопі методом сканування. Ідентифікацію новоутворень проводили відповідно з даними (<http://www.webmineral.com>).

Виклад основного матеріалу

У роботах [9, 10] відмічено, що у лужному гідроалюмосилікаті складу $\text{Na}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 6\text{SiO}_2 \times 20\text{H}_2\text{O}$, отриманого на основі метакаоліну, спучення в інтервалі температур 150-240°C відбувається за рахунок дегідратації гейландиту та інших цеолітоподібних фаз. По даним ДТА (рис. 2) спучення штучного каменю на основі лужного гідроалюмосиліката складу $\text{Na}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 6\text{SiO}_2 \times 20\text{H}_2\text{O}$, отриманого на основі каоліну в інтервалі температур 130-210°C відбувається за рахунок дегідратації гейландиту та усингіту (рис. 3, кр. 1).

Після термообробки лужних алюмосилікатних гранул при температурі 150°C у складі основних фаз, які відповідають за процес спучення, виявлені дифракційні сплески гейландиту та усингіту: $(\text{Ca}, \text{Na}_2)\{\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}\} \times 5\text{H}_2\text{O}$ ($d=0.886; 0.84; 0.78; 0.67; 0.52; 0.44; 0.398; 0.392; 0.367; 0.339; 0.328; 0.315; 0.297; 0.252$ нм) і $\text{Na}_4\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{17} \times \text{H}_2\text{O}$ ($d=0.667; 0.635; 0.563; 0.493; 0.430; 0.418; 0.384; 0.372; 0.318; 0.296; 0.283; 0.269; 0.248; 0.241; 0.227; 0.212; 0.207; 0.202; 0.199; 0.192; 0.187; 0.180; 0.174; 0.171; 0.166; 0.157$ нм).

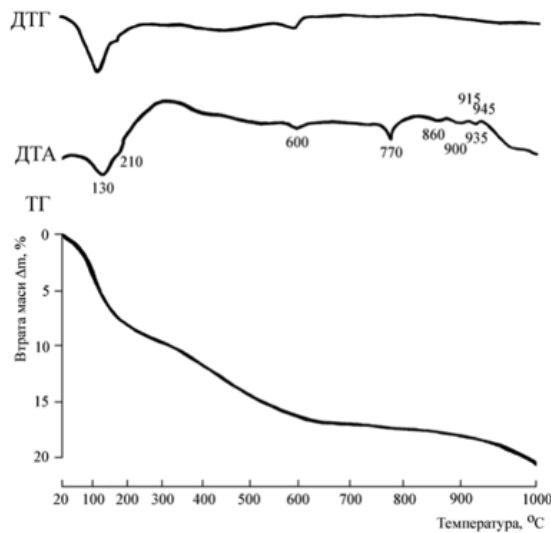


Рисунок 2. Дериватограма штучного каменю складу $\text{Na}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 6\text{SiO}_2 \times 20\text{H}_2\text{O}$

Внаслідок їх дегідратації утворюється широкопориста структура з хаотичним розташуванням дрібних і крупних пор в об'ємі матеріалу (рис. 4, 150°C). При даній температурі обробки в об'ємі створюються умови для синтезу гідрослюдястих мінералів: пірофіліту $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ($d=0.46; 0.417; 0.387; 0.334; 0.304; 0.252; 0.240; 0.229; 0.214; 0.207; 0.204; 0.188; 0.183; 0.164; 0.162; 0.157$ нм) і парагоніту $\text{NaAl}_2(\text{Si}_3\text{AlO}_{10})(\text{OH})_2$ ($d=0.48; 0.43; 0.422; 0.401; 0.318; 0.304; 0.279; 0.252; 0.241; 0.234; 0.218; 0.209; 0.192; 0.182; 0.167; 0.160; 0.150$ нм). Також фіксується натрієвий цеоліт $(\text{NaAlSiO}_4)_{12} \times 27\text{H}_2\text{O}$ ($d=0.88; 0.711; 0.635; 0.551; 0.505; 0.436; 0.411; 0.390; 0.371; 0.329; 0.308; 0.298; 0.275; 0.269; 0.262; 0.252; 0.241; 0.237; 0.229; 0.224; 0.218; 0.213; 0.211; 0.209; 0.206; 0.192; 0.191; 0.184; 0.174; 0.169; 0.167; 0.166; 0.163; 0.160$ нм) і накрит $\alpha\text{-}2\text{NaAl}_2 \times 3\text{H}_2\text{O}$ ($d=0.54; 0.392; 0.370; 0.337; 0.311; 0.282; 0.266; 0.263; 0.254; 0.250; 0.230; 0.225; 0.215; 0.207; 0.195; 0.191; 0.184; 0.183; 0.172; 0.164$ нм) у вигляді пластинчато-голчатих кристалів, які армують внутрішній простір гранули (рис. 4, 150°C). Окрім зазначених фаз присутні реліктові відображення каоліну $\gamma\text{-Al}[\text{Si}_2\text{O}_5] \times (\text{OH})_4$ ($d=0.713; 0.449; 0.417; 0.410; 0.385; 0.249; 0.238; 0.223; 0.229; 0.224; 0.218; 0.213; 0.199; 0.194; 0.189; 0.171; 0.168; 0.166; 0.154$ нм), дегідратація якого відбувається при температурах (-)520, 600 і 770°C (рис. 2), а також незначні включення фожазиту, шабазиту та морденіту [10].

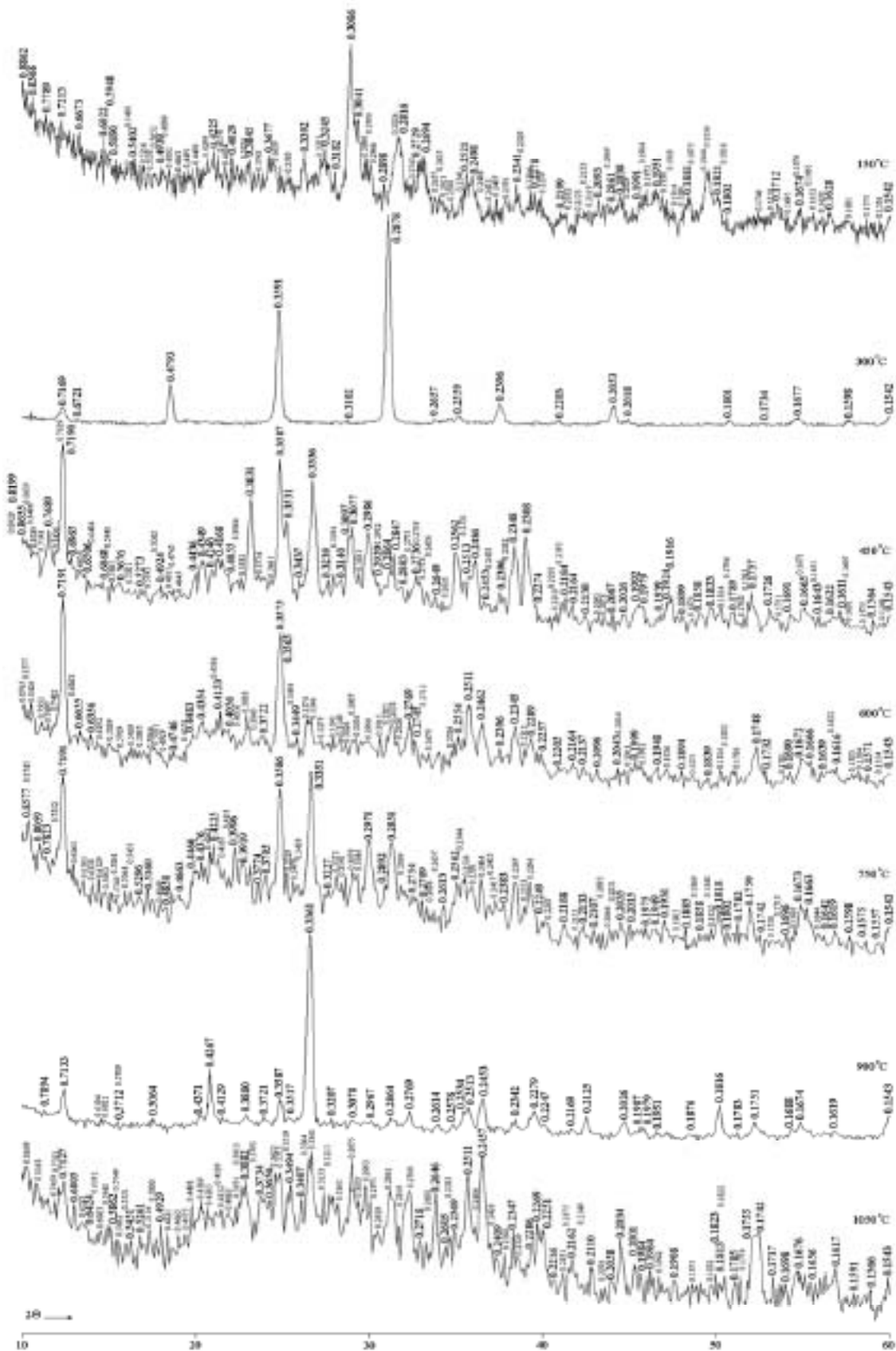


Рисунок 3. Рентгенограми штучного каменя складу $\text{Na}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 6\text{SiO}_2 \times 20\text{H}_2\text{O}$ за умов термообробки в діапазоні температур 150...1050°C

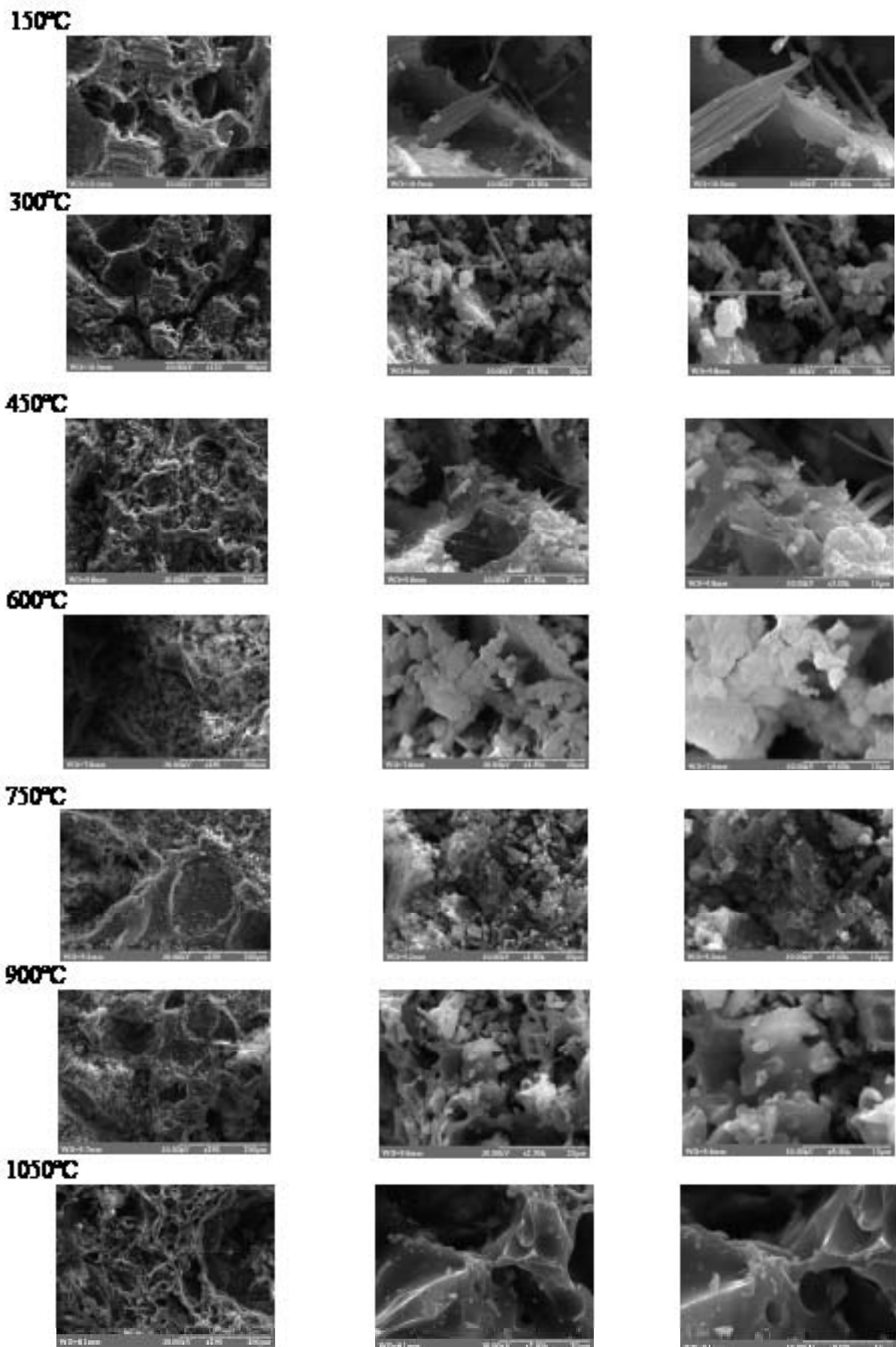


Рисунок 4. Електронні мікрофотографії поверхні сколку штучного каменю складу $\text{Na}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 6\text{SiO}_2 \times 20\text{H}_2\text{O}$ за умов термообробки в діапазоні температур 150...1050°C

Подальше підняття температури обробки до 300°C сприяє утворенню менш пористої структури з характерним чередуванням дрібних і крупних пор. У мікроструктурі гранул відмічено достатньо велику кількість пластинчатих кристалів гідрослюд і морфологічні зміни в голчатих кристалах накриту (рис. 4, 300°C) ($d=0.716; 0.359; 0.310; 0.255; 0.173; 0.167$ нм) з переходом її у кристали дикіту $\beta\text{-}2\text{NaAl}_2\times 3\text{H}_2\text{O}$ ($d=0.72; 0.48; 0.359; 0.256; 0.239$ нм) (рис. 3, кр. 2).

При обробці алюмосилікатних гранул за температури 300°C відмічено перше поліморфне перетворення, а саме: перехід накриту ($\alpha\text{-}2\text{NaAl}_2\times 3\text{H}_2\text{O}$) в дикіт ($\beta\text{-}2\text{NaAl}_2\times 3\text{H}_2\text{O}$).

При температурі обробки 450°C відбувається зворотне перетворення дикіту в накрит ($d=0.714; 0.443; 0.416; 0.359; 0.340; 0.307; 0.253; 0.2305; 0.198; 0.192; 0.178; 0.167; 0.161$ нм), а також фіксується наявність кристалів пірофіліту ($d=0.46; 0.416; 0.334; 0.303; 0.251; 0.240; 0.231; 0.207; 0.203; 0.189; 0.183; 0.164; 0.157$ нм), інші фази знаходяться у приховано-кристалічному стані (рис. 3, кр. 3). При даній температурі обробки відбуваються значні зміни структури матеріалу – спостерігається її ущільнення та зменшення товщини міжпорових перегородок; відбувається збільшення в розмірах кристалів накриту та зменшення в розмірах пластинок алюмінатних гідрослюд – арагоніту та пірофіліту (рис. 4, 450°C). Незначний ендоефект при температурі (-)450°C (рис. 2) пов'язаний з частковою дегідратацією каоліну та натрієвого цеоліту.

Подальше підвищення температури до 600°C суттєво не впливає на зміну фазового складу, відмічається збільшення гранул у розмірах за рахунок дегідратації каоліну та вищезазначених цеолітних фаз та появи скловидної складової за рахунок утворення $\beta\text{-SiO}_2$ ($d=0.424; 0.334; 0.246; 0.228; 0.197; 0.181; 0.166$ нм) (рис. 3, кр. 4). Кристали накриту зрощуються з кристалами алюмінатних гідрослюд (рис. 4, 600°C).

При температурі обробки 750°C алюмосилікатні гранули ще більше збільшуються в своїх розмірах за рахунок повної дегідратації каолініту та накриту з переходом його в нефелін $\beta\text{-Na[AlSi}_3\text{O}_8]$ ($d=0.314; 0.260; 0.250; 0.241; 0.224; 0.215; 0.205; 0.190; 0.188; 0.185; 0.180; 0.178; 0.166$ нм), відбувається зменшення кристалів у розмірах, та починається чітке формування міжпорових перегородок (рис. 4, 750°C). Серед незмінних фаз відмічено наявність пірофіліту ($d=0.46; 0.416; 0.387; 0.335; 0.304; 0.252; 0.241; 0.229; 0.213; 0.207; 0.204; 0.188; 0.183; 0.164; 0.162; 0.157$ нм). Скловидна складова представлена з'єднаннями NaAlSiO_4 ($d=0.43; 0.261; 0.223; 0.213; 0.169; 0.165$ нм) із $\alpha\text{-SiO}_2$ ($d=0.443; 0.343; 0.225; 0.231; 0.222; 0.205; 0.185; 0.171; 0.157$ нм) (рис. 3, кр. 5).

При даній температурі обробки відмічено поліморфний перехід $\beta\text{-SiO}_2$ у $\alpha\text{-SiO}_2$ та $\alpha\text{-}2\text{NaAl}_2\times 3\text{H}_2\text{O}$ у $\beta\text{-Na[AlSi}_3\text{O}_8]$.

Підвищення температури до 900°C призводить до подальшого збільшення об'єму гранул та перебудови пор в сторону зменшення їх розміру (рис. 4, 900°C). Цей процес відбувається за рахунок повної дегідратації цеолітних фаз при температурах (-) 860, 900 і 935°C (рис. 2) з утворенням кваніту $\text{Al}_2\text{O}_3\times \text{SiO}_2$ ($d=0.437; 0.380; 0.320; 0.296; 0.270; 0.261; 0.251; 0.236; 0.227; 0.220; 0.216; 0.202; 0.193; 0.175; 0.162$ нм), екзоэффект при температурі (+) 915°C, і початком кристалізації альбіту $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ($d=0.57; 0.388; 0.372; 0.336; 0.321; 0.296; 0.251; 0.245; 0.228; 0.224; 0.217; 0.212; 0.198; 0.187; 0.182$ нм). Екзоэффект при температурі (+) 945°C. Скловидна частина збільшується за рахунок поліморфного перетворення $\alpha\text{-SiO}_2$ у $\alpha\text{-тридиміт}$ ($d=0.437; 0.412; 0.372; 0.321; 0.277; 0.228; 0.195; 0.188; 0.169; 0.162$ нм) та утворення скла складу $\text{Na}_4\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_9$ ($d=0.42; 0.258; 0.182; 0.167$ нм) (рис. 3, кр. 7).

При підвищенні температури обробки до 1050°C відбувається максимальне збільшення гранул в розмірах за рахунок поризації міжпорових перегородок внаслідок дегідратації пірофіліту (рис. 4, 1050°C). До основних кристалічних фаз можна віднести з'єднання альбіту ($d=0.642; 0.586; 0.556; 0.469; 0.406; 0.388; 0.373; 0.362; 0.369; 0.336; 0.228; 0.198; 0.194$ нм), жадеїту $\text{NaAl(SiO}_3)_2$ ($d=0.619; 0.449; 0.428; 0.325; 0.310; 0.292; 0.283; 0.268; 0.225; 0.221; 0.215; 0.206; 0.203$ нм) і кваніту ($d=0.380; 0.338; 0.321; 0.304; 0.297; 0.261; 0.251; 0.235; 0.227; 0.222; 0.216; 0.200; 0.196; 0.194; 0.176; 0.162; 0.159$ нм). Скловидна фаза представлена $\alpha\text{-тридимітом}$ ($d=0.437; 0.413; 0.373; 0.322; 0.293; 0.277; 0.249; 0.228; 0.211; 0.207; 0.195; 0.188; 0.177; 0.169; 0.162; 0.159$ нм) та сумішшю стекел складу $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ($d=0.64; 0.406; 0.380; 0.366; 0.320; 0.297; 0.265; 0.256; 0.232; 0.183; 0.167$ нм), $\text{Na}_4\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_9$ ($d=0.420; 0.258; 0.210$ нм).

0.182; 0.167 нм) $\text{Na}_6\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{17}$ ($d=0.421; 0.257; 0.210; 0.182; 0.167$ нм) (рис. 3, кр. 7).

Висновок

1. У результаті проведених фізико-хімічних досліджень встановлено, що спучення лужних алюмосилікатних гранул в діапазоні температур 150-1050°C відбувається за рахунок дегідратації цеолітних фаз та фазових переходів у безводні лужні алюмосилікати в наступному порядку: дегідратація гейландиту та усингіту (150°C) > кристалізація гідрослюд та поліморфний перехід накриту в дикіт (300°C) > поліморфний перехід дикіту в накрит, дегідратація натрієвого цеоліту та каолініту (450°C) > дегідратація каоліну та утворення б-кварцу (600°C) > повна дегідратація каолініту та накриту з подальшим його переходом в β-нефелін, поліморфне перетворення β-SiO₂ у α-SiO₂ (750°C) > повна дегідратація цеолітних фаз, початок кристалізації кіаніту та альбіту, поліморфне перетворення α-SiO₂ у α-тридиміт (900°C) > утворення склофази, повна дегідратація гідрослюд (парагоніту та пірофіліту), кристалізація жадеїту (1050°C).

2. Гранули, в процесі дегідратації цеолітоподібних і гідрослюдистих фаз в інтервалі температур 150-1050°C, спучуючись сумісно з геоцементною матрицею, забезпечують 70 хв. запас на ділянках кривої нагріву яка паралельна осі часу нагріву, завдяки чому і подовжується час межі вогнестійкості конструкцій. (рис. 1, кр. 2).

Acknowledgements

This work was financially supported by the research project MSM 0021630511 and research project financed from state budget via Ministry of Industry and Trade of the Czech Republic, project TIP number FR-TI2/340. Cooperation was enabled by project SUPMAT – Promotion of further education of research workers from advance building material centre. Reg. No: CZ.1.07/2.3.00/20.0111, funded by European Social Funds, Operational program Education for Competitiveness. The preparation of this paper was supported by the project CZ.1.07/2.3.00/30.0005 - Support for the creation of excellent interdisciplinary research teams at Brno University of Technology.

ЛІТЕРАТУРА

1. Якименко О.П. Підвищення вогнестійкості залізобетонних оправ тунельних споруд: Автореф. дис... канд. техн. наук: 21.06.02 – К.- 2012. – 24 с.
2. Романенков И.Г., Левитес Ф.А. Огнезащита строительных конструкций. - М.: Стройиздат, 1991. - 320 с.
3. Жартовський В.М. Профілактика горіння целюлозовмісних матеріалів. Теорія та практика. / В.М. Жартовський, Ю.В. Цапко – К.: ДП “Друкарня МВС України”, 2006. – 248 с.
4. Страхов В.Л. Огнезащита строительных конструкций: современные средства и методы оптимального проектирования / В.Л. Страхов, А.Н. Гаращенко // Строительные материалы. - № 6. – 2002. – С. 2-5.
5. Ройтман В.М. Повышение огнестойкости железобетонных конструкций с помощью тонкопленочных огнезащитных покрытий // В. М. Ройтман, Р.Ш. Габдулина, С. В. Щербина // Наука и безопасность. - № 4. – 2012. – С. 4-8.
6. Ненахов С.А. Экспериментальное изучение влияния толщины вспенивающихся покрытий на огнезащитную эффективность / С.А. Ненахов, В.П. Пименова // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т. 20, №5. – С. 2-9.
7. Кривцов Ю.В. Тонкослойная огнезащита бетона / Ю.В. Кривцов, О.Б. Ламкин, В.В. Рубцов, Р.Ш. Габдулин // Промышленное и гражданское строительство. – 2006. - №6. – С. 42-44.
8. Халтуринский Н.А. О механизме образования огнезащитных вспучивающихся покрытий / Н.А. Халтуринский, В.Г. Крупкин // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т. 20, №10. – С. 33-36.
9. Krivenko, P.V. Fireproof coatings on the basis of alkaline aluminum silicate systems / P.V. Krivenko, K.K. Pushkareva, M.V. Sukhanovich, S.G. Guziy // Ceramic Engineering and Science Proceedings 29(10). - 2009. - pp. 129-142.

10. Krivenko P., Guzii S., Kravchenko A. Protection of Timber from Combustion and Burning Using Alkaline Aluminosilicate-Based Coatings // *Advanced Materials Research* Vol. 688 (2013) pp. 3-9.
11. Гузій С.Г. Защита древесины от горения геополимерными композициями / С.Г. Гузій, П.В. Кривенко // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка: наук.-техн. зб. - № 41 - 2011. - С. 56-64.
12. Гузій С.Г. Захист деревини лужними алюмосилікатними композиціями від дії атмосферних та вогневих чинників / С.Г. Гузій, П.В. Кривенко, А.В. Кравченко // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка: наук.-техн. зб. – 2012. - № 44. – С. 52-60.
13. Гузій С.Г. Захист деревини від займистості покриттями на основі лужних гідроалюмосилікатів / С.Г. Гузій, П.В., Кривенко, А.В. Кравченко // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка: наук.-техн. зб. – 2012. - № 45. – С. 38-43.
14. Заповнювачі на основі неогенних туфів Закарпаття / [Кривенко П.В., Петропавловський О.Н., Пушкарьова К.К., Гузій С.Г.] // *Строительные материалы и изделия*. – 2002. - №1. - С.15-17.
15. Фізико-хімічні основи отримання легких заповнювачів у системі “ $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ ” / [Кривенко П.В., Петропавловський О.Н., Пушкарьова К.К., Гузій С.Г.] // *Строительные материалы и изделия*. – 2002. - №2. - С.5-6.
16. Легкі пористі заповнювачі на основі техногенної сировини / [Кривенко П.В., Петропавловський О.Н., Пушкарьова К.К., Гузій С.Г.] // *Строительные материалы и изделия*. – 2002. - №3. - С.5-6.
17. Гузій С.Г. Дослідження впливу мікронаповнювачів на процеси поро-, структуроутворення і спучення композицій в системі “ $\text{Na}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times n\text{SiO}_2 \times m\text{H}_2\text{O}$ ” / С.Г. Гузій, П.В. Кривенко // *Строительство. Материаловедение. Машиностроение*. // Сб. научн. тр. № 29. – Д.: ПГАСА, 2004. – С. 31-36.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАДИЙНОСТИ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ ВЯЖУЩЕЙ СИСТЕМЫ СОСТАВА

$\text{Na}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 6\text{SiO}_2 \times 20\text{H}_2\text{O}$ В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР 150-1050°C

© Гузій С.Г., Кривенко П.В., Кравченко А.В., Манак Я.

Повышение нормируемого предела огнестойкости строительных конструкций до 2 часов в условиях температурного режима стандартного пожара возможно за счет введения в геоцементные огнезащитные покрытия щелочных алюмосиликатных гранул. Гранулы, в процессе дегидратации цеолитоподобных и гидрослюдистые фаз в интервале температур 150–1050°C, вспучиваются совместно с геоцементной матрицей и обеспечивают 70 минутный запас на участке кривой нагрева параллельной оси времени нагрева, благодаря чему и удлиняется время предела огнестойкости конструкций.

Ключевые слова: алюмосиликатные гранулы, предельное состояние, фазовый состав, вспучивание

RESEARCH STAGES OF PHASE TRANSITIONS OF THE BINDING SYSTEM $\text{Na}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 6\text{SiO}_2 \times 20\text{H}_2\text{O}$ IN THE TEMPERATURE RANGE 150-1050°C

© Guzii S.G., Kryvenko P.V., Kravchenko A.V., Manak J.

Increasing the rated fire resistance of building structures up to 2 hours in standard conditions of temperature of fire is possible due to the introduction of fire-retardant coating geocement alkali aluminosilicate pellets. The aluminosilicate pellets in the dehydration process hydromicaceous and zeolite phase in the temperature range 150–1050°C with intumescent geocement matrix provide 70 min. reserve at the site of the heating curve parallel to the axis of heating time, so time is prolonged and the fire resistance of structures.

Keywords: aluminosilicate pallets, limit state, phase composition, swelling.